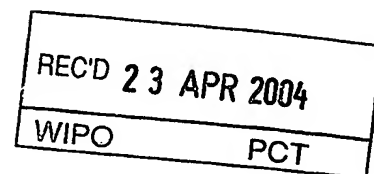




KONGERIKET NORGE
The Kingdom of Norway

PCT/NO 04 / 0007:0



Bekreftelse på patentsøknad nr
Certification of patent application no

▽
2003 1220

▷ Det bekreftes herved at vedheftede dokument er nøyaktig utskrift/kopi av ovennevnte søknad, som opprinnelig inngitt 2003.03.17

▷ *It is hereby certified that the annexed document is a true copy of the above-mentioned application, as originally filed on 2003.03.17*

2004.03.19

Line Reum

Line Reum
Saksbehandler



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Søker: Norsk Hydro ASA
N-0240 Oslo

Fullmektig: André Berg
Norsk Hydro ASA
N-0240 Oslo

Oppfinner : Ole-Jacob Siljan
Gregorius Dagssonsg. 124,
N-3746 Skien

Tittel: "Anordning ved ett eller flere strukturelle elementer for
benyttelse i en elektrolysecelle."

Anordning ved ett eller flere strukturelle elementer for benyttelse i en elektrolysecelle

5

Innledning

Ved produksjon av aluminium med dagens elektrolyseteknologi, basert på såkalte Hall-Héroult celler, er driften av cellene avhengig av at det er dannet og at det vedlikeholdes et beskyttende belegg av utfrosset elektrolytt i sideforingen av cellen. Dette utfrossede badet kalles sidebelegg, og beskytter cellens sideforing mot kjemisk og mekanisk slitasje, og er en
 10 essensiell betingelse for å oppnå lange levetider på cellene. Det utkrystalliserte badet fungerer samtidig som en buffer for cellen med hensyn på endringer i varmebalanse. Under drift vil varmegenereringen og varmebalansen i cellen varierer som følge av uønskede driftsforstyrrelser (endringer i badsurhet, endringer i aluminakonsentrasjon, endringer i interpolaravstand, etc.)
 15 og ønskede hendelser på cellene (metalltapping, anodeskift, bluss, etc.). Dette fører til at tykkelsen på belegget i periferien av cellen endres, og i enkelte tilfeller vil belegget kunne forsvinne helt i deler av periferien. Da vil sideforing eksponeres mot elektrolytt og metall, som i kombinasjon med oksiderende gasser vil føre til en tæring av sideforingsmaterialene slik at disse eroderes. Over lang tids drift er ofte utrenninger i siden resultatet av slike
 20 gjentatte hendelser. Det er derfor av betydning å kontrollere beleggdannelse og beleggstabilitet i Hall-Héroult celler. For Hall-Héroult celler med høye strømtetthet viser modellberegninger at det vil være vanskelig å opprettholde sidebelegget i cellen på grunn av stor varmegenerering. For slike celler, og for tradisjonelle celler med varmebalanseproblemer, vil det derfor være en betingelse for et langt celledliv at man er i stand til å opprettholde belegget
 25 som beskytter sideforingen.

Ved produksjon av aluminium i samsvar med Hall-Héroult prinsippet, skjer dette etter dagens forhold med et relativt høyt energiforbruk målt i kilowattimer pr. kilo aluminium. Varmegenereringen i elektrolysecellen skjer som en følge av ohmske spenningsfall i cellen, for eksempel i strømtilledere, produsert metall og ikke minst i elektrolytten. Cirka 55 % av tilført energi
 30 til elektrolysecellen går med til varmeproduksjon i cellen. Litteraturdata peker på at omlag 40% av det totale varmetapet fra cellene tapes ut gjennom sideforingen. På grunn av det høye varmetapet og det beskyttende, utfrossede belegget i sideforingen, er det et fordelaktig sted å plassere elementer for varmegjenvinning i dette området av cellen.

For å optimalisere begge disse formålene simultant, det vil si kontroll av beleggdannelse og varmegjenvinning, er det viktig at varmegjenvinningen foregår så nært det dannede sidebelegget som mulig. Dette vil medføre at kontrollen med og hastigheten på beleggdannelsen er
 5 hurtigst mulig, og at temperaturforskjell mellom inngående og utgående kjølemedium er størst mulig. Sistnevnte er best for energiutnyttelse/gjenvinning.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et forbedret materialdesign og produksjon av dette for å bidra til økt kontroll med sidebeleggdannelse og muligheten for varem-gjenvinning i alumi-
 10 nium elektrolyseceller.

Prior art

Bruk av varmeveksling for å regulere varmestrøm i aluminium elektrolyseceller er tidligere blant annet beskrevet i tyske patentpublikasjoner. Publikasjonene DE 3033710 og EP
 15 0047227 fra Alusuisse beskriver begge denne teknologien. I publikasjonene beskrives det en "konstruksjon" som innfelles i cellens sideforing, og der varme ledes gjennom denne konstruksjonen og fram til utsiden av cellen der den varmeveksles mot et kjølemiddel, for eksempel basert på natrium metall. Dette kjølemedium og konstruksjonen av varmeveksleren er kjent fra tidligere publikasjoner og omtales oftest som "heat pipes". Materialet som er
 20 benyttet i kjøleenheten er laget i metall med gode varmeledende egenskaper, og for å øke effektiviteten av varmevekslingen er det lagt inn et isolasjonslag mellom karbonholdig sideforing og stålmantel i elektrolysecellen. Som påpekt i de to publikasjonene, er et av formålene med designen å regulere varmestrøm gjennom cellens sideforing og derigjennom kontrollere tykkelsen på sidebelegget. I tillegg er det vist til at oppfinnelsen også gir muligheter for å
 25 operere eksisterende celler med økt strømstyrke, og økninger på opptil 25% er antydnet.

I US Pat. nr. 4,222,841 beskrives en mulighet for varmeveksling i aluminium elektrolyseceller. Patentet er basert på introduksjon av rørformede kjølekanaler i sideforing, bunnforing og over elektrolytt. Formålet med kjølingen er å kontrollere badtemperaturen i
 30 elektrolysecellen og gjøre celledriften, i.e. beleggdannelse i sideforing, mere uavhengig av strømstyrken som tilføres cellen. Patentet beskriver ikke hvilke materialer som skal benyttes i varmeveksleren, men henviser til at disse må være motstandsdyktige mot den korrosive

atmosfæren i cellen og samtidig være oksidasjonsresistente da blant annet luft er foreslått som kjølemedium.

I WO 83/01631 vises det til en anordning for varmeveksling av varme avgasser fra lukkede elektrolyseceller. Varmen i avgassene benyttes for å forvarme fødestrømmen av aluminium-oksidi til elektrolysecellen, og omfatter som sådan ikke regulering av sidebeleggets tykkelse i cellen. Det er imidlertid åpenbart for dem som er "skilled in the art" at man ved endring av avsuget gassmengde fra cellen kan til en viss grad influere på elektrolysecellens totale varmebalanse.

10

I WO 87/00211 (se også NO 86/00048) fra H-Invent, beskrives det et prinsipp og en metode for varmegjenvinning fra aluminium elektrolyseceller. Publikasjonen beskriver metallplater med spiralformede kanaler for ekstraksjon av varme fra sideforingen. Det kan benyttes ulike kjølemedium, og blant annet helium er spesielt nevnt i patentet. De varme avgassene fra varmeveksling i sideforingen kan benyttes til energiproduksjon ved å drive en ekspansjonsmaskin som videre driver en elektrisk generator. Materialet i varmevekslerplatene er av metall, og for å beskytte disse platene mot flytende elektrolytt er det benyttet et utvendig sjikt med et ildfast materiale, f.eks. karbon, mot elektrolytten. Et av de mest åpenbare problemene med denne løsningen vil være å sørge for god kontakt mellom varmevekslerplater og utvendig kledning av ildfast materiale. Dårlig kontakt mellom disse to lagene vil redusere effekten av varmevekslerinstallasjonen og dermed føre til redusert varmegjenvinning og redusert kontroll med sidebeleggets tykkelse i elektrolysecellen.

I norske patentsøknader NO 2002889, NO 20014874 og NO 20005707, internasjonal patentsøknad WO 02/39043 samt i et foreliggende norsk patent NO 312770, alle fra Elkem Aluminium, beskrives det en annen utgave av tidligere omtalte "heat pipes" for kjøling av (blant annet) aluminium elektrolyseceller. Patentene beskriver "heat pipes" der natrium metall er spesielt nevnt som kjølemedium, og der elektrolysecellens sidevegger er termisk isolert med et ildfast materiale mellom stålskallet og et indre fordampningskjølt panel som står i kontakt med elektrolytt og/eller utfrosset sidebelegg. Nedre del av det fordampningskjølte panelet inneholder flytende kjølemedium som fordamper på grunn av tilført varme fra elektrolytt, og øvre del av det fordampningskjølte panelet inneholder en lukket kjølekanal forbundet med en ytre krets. I denne delen av fordampningskjølt panel vil kjølemedium kondensere og varme

kan trekkes ut gjennom kjølemedium, fortrinnsvis ulike typer gasser, som strømmer gjennom nevnte kjølekanal. Ved varmeveksling i flere trinn, kan avgitt varme fra elektrolysecellen brukes til å drive en elektrisk turbin for generering av strøm, og dette vil resultere i en vesentlig reduksjon av det effektive elektriske energiforbruket i elektrolysecellen pr. tonn aluminium produsert. Det er angitt i patentet (NO 312770) at de fordampningskjølte panelene bør fortrinnsvis lages i et ikke-magnetisk stål. Et mulig problem ved dette patentet er knyttet opp mot vanskelighetene ved å framstille et korrosjonsbestandig stål som vil fungere i en atmosfære bestående av oksygen og fluorider ved omlag 1000°C. Det er kjent fra litteraturen at nærvær av fluorider ved eleverte temperaturer gir sterk økning i oksidasjonshastigheten på stål.

Kort beskrivelse av oppfinnelsen

Foreliggende oppfinnelse relateres til anordning ved ett eller flere strukturelle elementer for utforming av et sideforingsmateriale for kjøling av sideforinger i aluminium elektrolyseceller i den hensikt å kontrollere og justere sidebeleggettykkelse i cellene. Ved valgte utforming på sideforingsmaterialene er det også mulig å forestå varmeveksling av i slike celler med mulighet for gjenvinning av varme som elektrisk energi og/eller lavtemperatur varme. Med utforming av sideforingsmaterialene i foreliggende løsning forstås design, dannelse og produksjon av hulganger i materialet i den hensikt å lede kjølemedium gjennom materialet for å forestå avkjøling av sideforing og/eller varmeveksling av elektrolysecellen. Oppfinnelsen omfatter også materialer egnet for bruk i aluminium elektrolyseceller og produksjon av disse med nevnte hulganger.

Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Den foreliggende oppfinnelse tar utgangspunkt i at kjøling av sideforing for beleggkontroll og varmeveksling foregår inne i selve sideforingsmaterialene, snarere enn på utsiden av cellekassen, eller mellom cellekasse og sideforingsmaterialet i cellen. Dette krever at celleforingsmaterialene utstyres med hulrom/kanaler for innføring og uttak av kjølemedium. Oppfinnelsen skal i det etterfølgende beskrives nærmere ved eksempel og figurer hvor:

30

Ovennevnte og ytterligere fordeler kan oppnås ved oppfinnelsen i samsvar med de vedføyde patentkrav.

- Figur 1** viser en første utforming av en sideforingsplate med hulganger for gjennomstrømning av kjølemedium og tilkoblingspunkter for tilførsel og uttak av kjølemedium, plassert relativt til øvrige foringselementer i en aluminium elektrolysecelle.
- 5 **Figur 2** viser noen mulige utforminger av hulganger (kanaler) i sideforingsplater for gjennomstrømning av kjølemedium.
- Figur 3** viser skisser av ulike muligheter for variasjon av utforming av hulganger i sideforingsplater for kontroll av temperatur på utstrømmende kjølemedium.
- 10 **Figur 4** viser et en skisse av en sideforingsplate produsert i materialer silisiumnitridbundet silisiumkarbid. Platen er formet ved slikkerstøping og etterfølgende nitring.
- Figur 5** viser en annen mulig utforming av sideforingsplate med hulganger for gjennomstrømning av kjølemedium der produksjon er utført etter lamell-metoden.
- 15 **Figur 6** viser skisse av sammenstilling av ulike enheter for produksjon av varmevekslende sideforingsplate der produksjon er utført etter lamell-metoden.
- 20 **Figur 7** Utforming av kjølekanaler for å oppnå enten best mulig styring av beleggdannelsen (figur 7a) eller høyest mulig varmeoverføring til kjølemedium (figur 7b) i cellen.

Som skissert i figur 1 er prinsippene for foreliggende oppfinnelse er at det er mulig å kjøle sideforingen i en aluminium elektrolysecelle ved å sørge for gjennomstrømning av et kjølemedium (1) i hulganger (2) eller kanaler i plater (3) som benyttes som sideforingsmateriale i aluminium elektrolyseceller. Platenes utstrekning bestemmes av behovet for kjøling i elektrolysecellene, men vil vanligvis strekke seg fra dekksplaten (4) på elektrolysecellen (5) til høyde med katodekullenes (6) overflate. Kjølemedium (1) tilføres fra utsiden av katodekassen (7) og ekstraheres fra platene (3) også fra utsiden av katodekassen (7). Flere plater (3) kan også kobles sammen for på denne måten å lage en lengre sammenhengende kjølesløyfe (2,8).

25

30

I en tradisjonell aluminium elektrolysecelle (5) med karbonbaserte anoder (9) vil omlag 40% av cellens samlede varmetap skje gjennom sideforingen. Elektrolysecellen er også avhengig av å drives med et belegg (10) av utfrosset elektrolytt (11) i siden, og dette belegget vil i tillegg til å beskytte sideforingsplatene (3) også fungere som en selvregulering av cellen ved varierende varmegenerering i cellen. Varmer vil produseres (hovedsaklig) i elektrolytten og transporteres ut gjennom sideforingen i cellen. Det er derfor mulig å regulere varmestrømmen ut fra cellen ved å tilføre et kjølemedium (1) i hulganger/kanaler (2) i cellens sideforingsplater (3). Graden av kjøleende effekt vil være avhengig av fysikalske egenskaper på kjølemediet (tetthet, varmekapasitet, etc.), avhengig av mengde gjennomstrømmende kjølemedium, avhengig av overflatearealet på hulgangene, samt utforming på hulgangene (lengde) som vist i figur 2.

Figur 3 viser ulike mulige utforminger av overflaten (12,13,14,15) på hulganger (kanaler) i sideforingsplater for aluminium elektrolyseceller. Det er kjent fra litteraturen at økende overflateareal i kontaktflate mellom kjølemedium og varm overflate vil forbedre varmeovergangen og gi en mer effektiv varmeveksler. Den mest effektive utformingen på hulgangene (2) ville derfor være små, tynne kanaler med liten diameter. Dette er imidlertid vanskelig å oppnå med de materialene som ligger til grunn for foreliggende oppfinnelse, fordi tynne kanaler vil ha en tendens til å tettes under sintring av slike keramer. Det er derfor i figur 2 vist ulike tiltak for å øke overflatearealet i hulganger basert på i all hovedsak sirkulær geometri glatt overflater (13). Disse tiltakene omfatter å lage stjerneformede overflater (12), tagget overflate (14) og sinusformede (buede) overflater (15).

Effektiviteten på kjøling av sideforingsplatene (3) i aluminium elektrolyseceller vil som nevnt være blant annet avhenge av mengde gjennomstrømmende kjølemedium og overflatearealet på hulgangene. Varmer fra høytemperaturreervoaret, i.e. sideforingsplatene (3) til kjølemediet (1) vil være hurtigst ved høyeste temperaturforskjell, det vil si ved innløpet av kjølesløyfen (2). Etter en tid i platens hulganger(2) vil kjølemediets temperatur nærme seg temperaturen på varmereservoaret, og varmetransport fra reservoaret til medium vil avta i hastighet. Det finnes derfor en optimal lengde på kjølesløyfene, avhengig av overflateareal, kjølemedium og temperaturforskjell. Figur 2 viser flere ulike mulige utforminger på kjølesløyfer (2,) for å oppnå ulike grader av kjøleeffektivitet. Dersom foreliggende oppfinnelse benyttes i sammenheng med varmeveksling (16), er det et poeng at kjølesløyfene lages slik at temperaturen av

kjølemediet inn på varmeveksler (17) er så høy som mulig for å gi størst mulig effektivitet av varmevekslingen (se figur 1). Som kjølemedium kan det benyttes gasser og væsker. Varmeovergang mellom sideforingsmateriale og væsker er generelt mye bedre enn mellom sideforingsmateriale og gasser. Imidlertid er varmeoverføring også avhengig av kontaktareale-
 5 let, og ved bruk av gasser må kontaktarealet gjøres størst mulig for å bedre varmeovergang, det vil si øke temperaturen på utgående gasstrøm.

Materialer som brukes i aluminium elektrolyseceller utsettes for et svært korrosivt miljø, blant annet luft ved omlag 900 - 1000°C og flytende kryolittbasert smelte ved de samme temperatu-
 10 rene. Dette stiller strenge krav til materialenes kjemiske resistens, og det er en forutsetning for foreliggende patent at materialene må kunne motstå disse forholdene uten å ødelegges. Ødeleggelse av materialene vil kunne resultere i brudd på kjølesløyfer og tap av kontroll med kjøling av sideforingen og dermed tap av kontroll med sidebeleggets (10) tykkelse og utstrekning. I tillegg til dette kravet, må også materialene som skal benyttes i foreliggende oppfin-
 15 nelse kunne framstilles på en slik måte at de nevnte hulgangene (2) kan formes i materialet på en slik måte at hulgangene og/eller hele sideforingsplaten (3) er gasstette. På grunn av den kompliserte utformingen av hulgangene er det ansett som svært vanskelig å lage disse etter at sideforingsplatene (3) er ferdig framstilt. Utforming av hulganger (2) må derfor skje på et tidlig stadium i produksjonen og helst før brenning (sintring) av materialene. Materialer som
 20 er egnet for produksjon til foreliggende oppfinnelse er derfor keramiske materialer basert på oksider, borider, karbider og nitrider og/eller kombinasjoner av disse. Dette vil for alle praktiske formål si at foretrukne materialer for sideforingsplatene er slik som silisiumkarbid, silisiumnitrid, silisiumoksynitrid, aluminiumnitrid eller kombinasjoner av disse, men oppfinnelsen er ikke begrenset til disse materialene. Skissen i figur 4 viser en sideforingsplate (3)
 25 produsert av silisiumnitridbundet silisiumkarbid.

Tidligere publikasjoner nevnt og beskrevet under prior art, baseres på at en kjølede konstruksjon plasseres inn i en sideforing. Foreliggende patent utnytter det faktum at materialer kan formes slik at hulganger (2) for gjennomstrømning av kjølemedium (1) kan lages direkte i
 30 sideforingsplatene (3). Produksjon av hulganger i keramiske materialer er kjent, og en rekke forskjellige teknikker kan benyttes for å forestå dette. I foreliggende oppfinnelse er noe utvalgte metoder for produksjon av hulganger (2) i sideforingsmaterialer (3) beskrevet, men patentkravene er ikke avgrenset til disse metodene. Figurene 4, 5 og 6 viser en alternativ

metode for produksjon av slike sideforingsplater med hulganger for gjennomføring av kjølemedium karakterisert ved produksjon etter den såkalte lamell- metoden.

Sideforingselementene beskrevet i foreliggende oppfinnelse kan produseres på prinsipielt to måter:

- i) *Slik at hver enkelt sideforingsblokk fungerer som en uavhengig varmevekslerenhet.*
- ii) *Slik at flere sideforingsblokker fungerer som en uavhengig varmevekslerenhet, der enhetens størrelse kan variere fra under en kvadratmeter til hele cellens side.*

10 Ved utformingen av selve materialene og deres hulrom/kanaler, må man ta hensyn til to faktorer. Det er ønsket om høyest mulig varmeoverføring til kjølemedium og ønsket om å styre beleggdannelsen/stabiliteten i cellen. For å oppnå det sistnevnte er den mest optimale metoden å legge "kjølesløyfene" horisontalt i en eller flere soner langs kassesiden. Ved riktig valg av prosessstyringsutstyr kan da beleggdannelsen i for eksempel bad/metallovergang styres
15 separat fra beleggdannelse i nedre del og øvre del av sideforing. En annen mulighet, som i første rekke gir optimal temperatur på utgående gass, er å legge "kjølesløyfene" vertikalt i en eller flere soner. Begge disse mulighetene er vist i figur 7.

Vanlige keramiske produksjonsmetoder som våt og tørr pressing, plastisk forming, ekstrudering, slikkerstøping, etc, kan benyttes for å lage platene/elementene i foreliggende
20 oppfinnelse. Ved produksjon av elementene ved pressing, stamping, etc., kan det for eksempel formes to halve elementer av aktuelt materiale eller forløper for endelig materiale. De halve platene har en plan side som vender mot elektrolysekommer og en plan side som vender mot kassesiden. Den indre overflaten i de halve blokkene har utsparinger i form av
25 halvsirkler, ovaler, taggede halvsirkler, etc. Utsparinger i formene, som i ferdig materiale vil utgjøre kanaler/hulrom for ledning av kjølemedium kan med fordel lages med sagtakker, rifler eller profiler for å øke den totale overflaten i kanalene, for derved å oppnå bedre varmeoverføring til kjølemedium, slik som vist i figur 3. Etter at de to halvdelene er ferdig produsert, det vil si stampet, presset, støpt, etc., limes de to delene til hverandre. Som bindemiddel kan det
30 benyttes et eller flere metaller, materialer av samme sammensetning som produsert materiale, forløpere til produsert materiale, kombinasjoner av tidligere nevnte materialkandidater eller andre dertil egnede kjerniske bindemidler. Platene limes sammen ved av "limet" påføres den ene eller begge de to halve platene på side med utsparinger, der limet er i form av en

suspensjon, slurry, tørt pulver (finpartikulært) eller pasta. Dette limet kan i enkelte tilfeller også benyttes til å tette porer i materiale og dermed bidra til å lage dette gasstett, f. eks. ved å dyppe, sprøyte eller smøre overflaten på den sammenlimte platen med det tidligere nevnte limet. Det endelige sideforingselementet ferdigproduseres så ved vanlig keramisk produksjonsteknologi, så som sintring for å oppnå mekanisk styrke. Sintring kan foregå i kontrollert atmosfære for å oppnå de ønskede materialegenskaper. Elementene kan også formes ved at et utbrenningsmateriale med form som ønsket hulgang legges inn i presseformen under fylling. Slike utbrenningsmateriale kan være basert på plast, gummi, voks, m.m. eller kombinasjoner av disse. Også andre, standardiserte metoder for tillaging av hulganger/hulrom i keramer er også mulige.

Med sideforingsmateriale i foreliggende patent legges til grunn en rekke materialer, enkelte av den allerede i bruk i dagens celler. Det sier seg selv at enkelte materialer er bedre enn andre, både som en følge av kjemiske forhold og materialkostnader. Både karbonbaserte materialer og keramiske materialer innenfor gruppen oksider, borider, karbider og nitrider, i all hovedsak basert på aluminium, silisium, titan, zirkon, eller kombinasjoner og kompositter av disse, kan benyttes i samsvar med oppfinnelsen. Preferert materialvalg er enten silisiumnitridbundet silisiumkarbid ($\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$), ren silisiumkarbid (SiSiC) eller ren silisiumnitrid. SiAlON materialer er også mulige kandidater for formålet.

For å ekstrahere varme fra aluminium elektrollysecellen må det benyttes et egnet type kjølemedium for gjennomstrømning i hulgangene (2) i sideforingsplatene (3). Egnede kjølemedier i denne forbindelse er gasser eller væsker. Av egnede gasser kan nevnes luft, nitrogen, argon, helium, karbondioksid, etc., men oppfinnelsen er ikke begrenset til bruken av disse. Egnede væsker bør ha høyt kokepunkt ($>300^\circ\text{C}$) ved atmosfærisk trykk. I tillegg må væskefaser være kjemisk "inert" mot det valgte materialet for sideforingsplatene, slik at disse ikke korroderes under drift. Blant mulige væskeformede kjølemedier nevnes spesielt saltsmelter, oljer, etc., men oppfinnelsen er ikke begrenset til bruken av disse. Det nevnes at også vann/damp kan benyttes.

Den varme (energi) som ekstraheres fra aluminium elektrollysecellen ved hjelp av foreliggende oppfinnelse kan benyttes på flere måter. En nært foreliggende mulighet er å benytte varmen til å forvarme føde til elektrollysecellen, det vil si motstrøms forvarming av aluminiumoksid.

Dette kan for eksempel gjøres ved varme ekstrahert fra hulgangene (2) i sideplatene benyttes til å forvarme aluminiumoksid føde i en motstrøms plateformet varmeveksler. Det finnes imidlertid også andre måter å varmeveksle føde av alumina på, uten at disse spesifikt nevnes her. En annen nærliggende metode for utnyttelse av ekstrahert energi er å benytte varme til å
 5 drive en elektrisk generator, f.eks. en sterlingmotor eller en ekspansjonsmotor, slik som også nevnt i norsk patent søknad nummer NO 86/00048.

Et viktig poeng ved bruk av kjølemedium i forbindelse med kontroll av sidebelegg og ved bruk som varmeveksler er at det ikke oppstår lekkasjer i kjølesløyfen så som ved forbindelse
 10 mellom ytre kjølesløyfe (8) og hulganger (2) i sideforingselementene (3). Dette poenget er viktig uavhengig av om hvert enkelt element (3) kobles direkte mot den ytre kjølesløyfen (8) eller om flere sideforingselementer (3) skal kobles til hverandre til en større varmeveksler/kjøleenhet (16) ved at kjølemedium ledes fra blokk til blokk. Dette kan f.eks. gjøres ved at det lages overganger (18) som felles inn i de enkelte motstående blokkene for en
 15 lekkasjefri overføring av kjølemedium. Overgangene forsegles med lim av samme type som nevnt ovenfor, ildfaste sementer og/eller dertil egnede kjemiske bindemidler. Eksempel på slike overganger er referert i eksempel 4 nedenfor. Muffer eller overganger (18) mellom sideforingsplater og mellom sideforingsplater og ytre kjølesløyfe kan være basert på keramiske og/eller metalliske materialer. Med hensyn til nærvær av korrosive gasser i sidefo-
 20 ringen ved høye temperaturer, er foretrukket materiale basert på keramer som f.eks. alumina, aluminiumsilikater, silisiumkarbid, silisiumnitrid, og/eller kombinasjoner av disse. Oppfinnelsen er imidlertid ikke begrenset til slike materialer for dette formålet. For å sikre (gass)tett overføring av kjølemedium mellom elementer og/eller mellom elementer og ytre kjølesløyfe, festes overgangene (18) med et "lim". Dette "limet" kan være basert på keramiske materialer
 25 (f.eks. ildfast sement, ildfaste mørtler, etc.), glass forsegling, og/eller metalliske forseglinger. Oppfinnelsen er imidlertid ikke begrenset til slike materialer for dette formålet.

Bruk av foreliggende oppfinnelse til kontroll av beleggdannelse og/eller varmegjenvinning i aluminium elektrolyseceller kan anvendes på celler av Hall-Héroult design med karbonbaserte
 30 anoder såvel som celler med inerte anoder. I tillegg kan oppfinnelsen også anvendes på aluminium elektrolyseceller av ikke-konvensjonelt design, celler som for eksempel beskrevet i søkerens egne patentsøknad WO 02/066709 A1.

Eksempel 1:

Plater laget fra en slurry av silisium metall og SiC partikler ble formet ved slikkerstøping til en på forhånd bestemt tykkelse lik 8 mm. Etter tørking av de slikkerstøpte platene, ble det ved hjelp av et kutteverktøy basert på høytrykksvann laget hull og spor/utsparinger av ulike

5 lengder i enkelte av platene. Deretter ble tre og tre plater limt sammen med ny slikker som lim, på en slik måte at frontplate har da hull for tilførsel/uttrekk av kjølemedium, midtplaten har hul ganger for kjølemedium og bakplaten er en tett plate. Den sammensatte konstruksjonen utgjorde da en varmevekslerenhet, og denne ble plassert i en nitreringsovn for å sintre konstruksjonen til en gasstett varmevekslerenhet. Skissen i figur 5 viser utforming og

10 sammensetning av platene til varmevekslerenhet, mens skissene i figur 6 viser andre utforminger på hulgangene (2) slik at hulgangenenes lengde varieres. Variasjon i hulgangenenes (2) lengde gjøre av ekstrahert energimengde ved hjelp av kjølemedium (1) endres fra sideforingsplatene (3).

15 Eksempel 2:

En gipsform som ble tillaget, og etter sammenstilling av formen ble det satt inn en PET-slange fylt med stearinvoks for å angi hulrom i platen for kjølemedium. En slikker av SiC og silisium metall ble fylt i formen, og deretter ble oppsatsen tørket før nitrering ved omlag 1400°C. Hulrommet som ble dannet ved utbrenning av PET-slange og stearin utgjorde et

20 volum på omlag 31 cm³ og beregnet overflateareal i hulgangen var ca. 122 cm². Den ferdige konstruksjonen ble testet for lekkasjer og rør for tilførsel og uttrekk av kjølemedium ble tilpasset og montert. Disse koblingene (18) til omgivende kjølesystem (8, 16, 17). er nærmere beskrevet senere i søknaden. Skissen i figur 4 viser ferdig framstilt varmeveksleroppsats basert på slikkerstøping av komplett sideforingsplate med utbrenningsmaterialer for dannelsen

25 av hulganger (2).

Eksempel 3:

Varmevekslerplate av silisiumnitridbundet SiC produsert som beskrevet i eksempel 2, ble montert i døråpningen på en vanlig kammerovn av typen Nabertherm. Platen ble isolert på

30 sider og bakside ved hjelp av minimum 30 mm tykke plater av isolasjonsmaterialet Keranap 50. Termoelementer for måling av temperatur ble montert på framsiden av varmevekslerplaten, baksiden av varmevekslerplaten og i utløpet av avgassrør for kjølemedium. Arealet av platen som var i kontakt med ovnskammeret var 460 cm². Ovnen ble varmet til ulike,

forhåndsbestemte temperaturer, og deretter ble kontrollert gjennomstrømning av luft som kjølemedium tilført platen gjennom innløpsrør. Tabell 1 nedenfor viser målte temperaturer, gassmengder og beregnet varmeuttrekk fra forsøkene. Forsøkene viser at det kan trekkes ut til dels betydelige energimengder gjennom en løsning som skissert i foreliggende patent, og for en moderne prebake elektrolysecelle med et sideforingsareal på 10 - 12 kvadratmeter viser forsøkene at det kan fjernes energimengder tilsvarende 1 - 25 kW, med angitt lengde og diameter på hulgang (2) og størrelse på sideforingsplaten (3).

10 **Tabell 1:** Resultater fra målinger av temperaturer og gassmengder samt beregninger av varmetap under forsøkene.

Gassmengde (l/min)	Gasstemp. inn (oC)	Gasstemp. ut (oC)	Temperaturforskjell (oC)	Ekstrahert varme (W)	kW/m ² pr rør-areal	kW/m ² pr. overflateareal
0,956	25,00	772,00	747,00	1,54	0,13	0,03
2,247	25,00	799,00	774,00	3,75	0,31	0,08
6,120	25,00	829,00	804,00	10,61	0,87	0,23
17,721	25,00	818,00	793,00	30,30	2,48	0,66
76,667	25,00	636,75	611,75	101,14	8,29	2,20

Eksempel 4:

Varmevekslerplate av silisiumnitridbundet SiC produsert som beskrevet i eksempel 2, ble tilkoblet en ytre kjølesløyfe der luft av romtemperatur ble tilført gjennom en innløpsstuss og varm luft ble sluppet ut gjennom en utløpsstuss. SiC-elementet ble produsert med to "kopper" for innfesting av innløps- og utløpsstuss. Keramiske rør ble plassert inn i "koppene" og støpt fast med en ildfast sement av typen Cerastil og deretter herdet ved 120 - 130°C i 16 timer. Test av oppsettet ble testet for lekkasjer, og undersøkelsene viste at den valgte innfestingsmetoden for innløps- og utløpsstuss var tilstrekkelig tette mot lekkasjer. Luft som kjølemedium ble deretter tilført SiC-elementet uten lekkasjer av kjøleluft.



Patentkrav

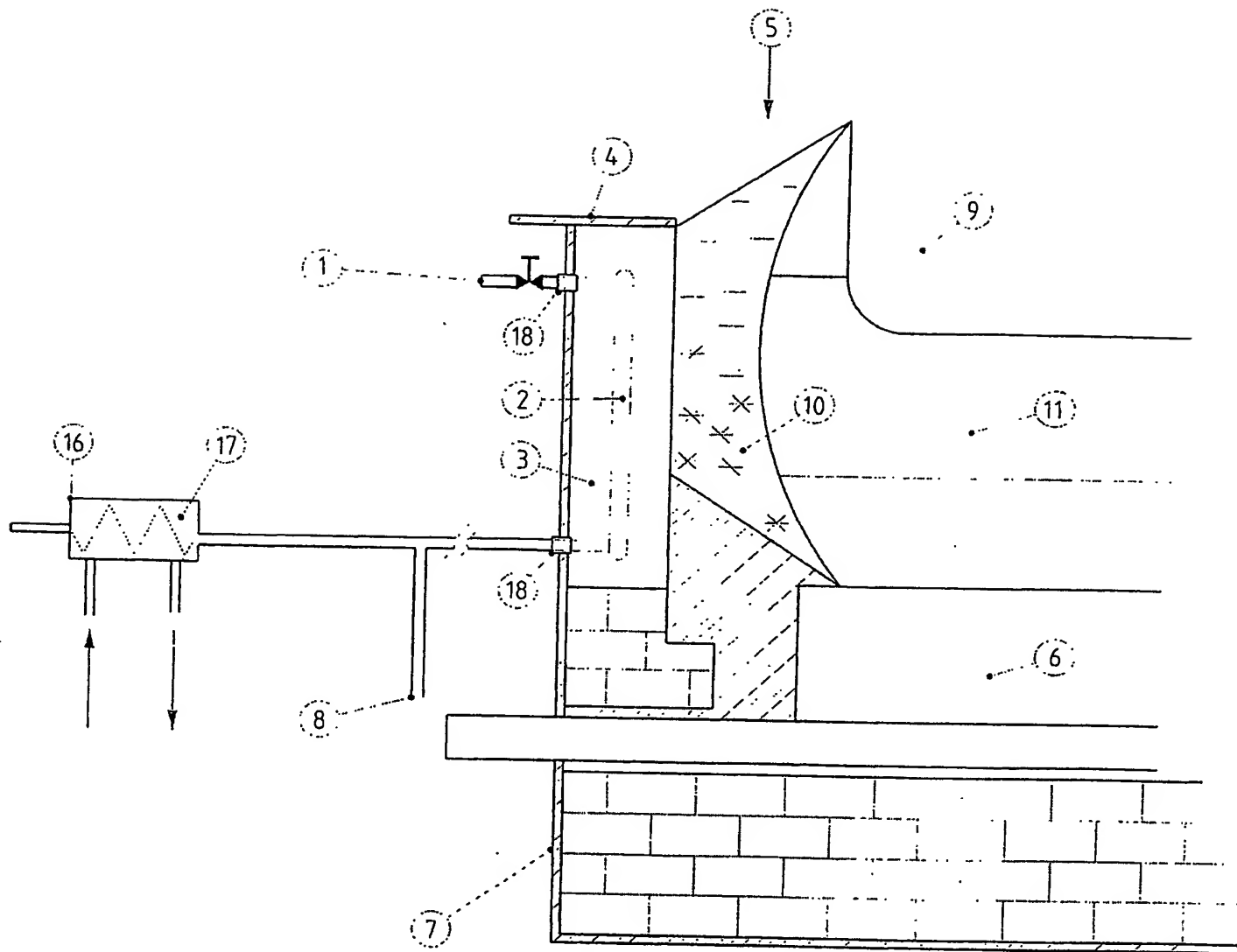
- 5 1. Anordning ved ett eller flere strukturelle elementer for benyttelse i en elektrolysecelle (5) for produksjon av aluminium metall fra en aluminiumholdig komponent i en saltsmelte, der den aluminiumholdig komponent i hovedsak er alumina og saltsmelten i hovedsak er basert på blandinger av NaF og AlF_3 og CaF_2 , og eventuelt alkali og jordalkalihallider,
- 10 karakteriser ved at
- de strukturelle elementene (3) er anbrakt i cellens foring, eller utgjør i det minste en del av denne, og videre utformet slik at de kan benyttes for aktiv kontroll av sidebeleggets (10) tykkelse og varmetransport gjennom celleforingen.
- 15 2. Anordning i samsvar med krav 1,
- karakterisert ved at
- de strukturelle elementer (3) er utformet med hulganger (2) for gjennomstrømming av et medium, hvor hulgangene er tilkopleet en ytre krets (8, 16, 17).
- 20 3. Anordning i samsvar med krav 2,
- karakterisert ved at
- hulgangene (2) er utformet med et hovedsaklig sirkulært tverrsnitt med glatt (13), stjerneformet (12), tagget (14) eller sinusformet (15) overflate.
- 25 4. Anordning i samsvar med krav 2,
- karakterisert ved at
- ett eller flere strukturelle elementer (3) er anbrakt i elektrolysecellens sideforing for kjøling av elektrolysecellen (5).
- 30 5. Anordning i samsvar med krav 2,
- karakterisert ved at
- ett eller flere strukturelle elementer (3) er anbrakt i elektrolysecellens sideforing for kontroll av beleggtykkelse og/eller energigjenvinning.



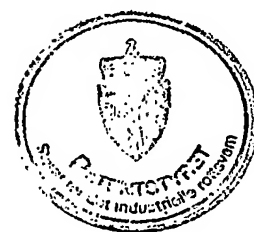
Sammendrag

Foreliggende oppfinnelse vedrører anordning ved ett eller flere strukturelle elementer (3) i
5 celleforing, spesielt for benyttelse som sideforing i aluminium elektrolyseceller (5). Spesielt
vedrører oppfinnelsen forbedringer av design og materialvalg for sideforinger innrettet for
anbringelse i eksisterende elektrolyseceller, samt design og produksjon av nevnte materiale
der hovedformålet med materiale er å utnytte dette for energigjenvinning i elektrolyseceller.
Oppfinnelsen beskriver også mulige materialer for bruk i elementene og produksjon av disse.



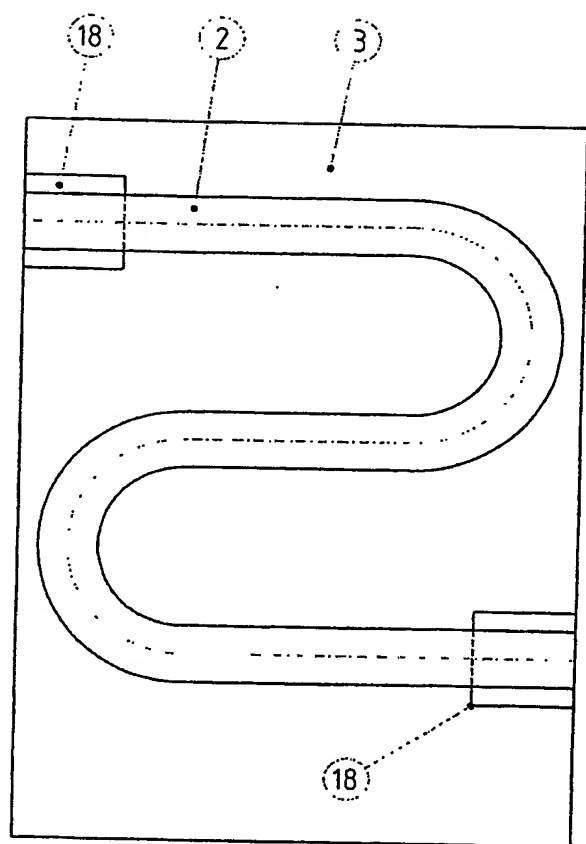


Figur 1

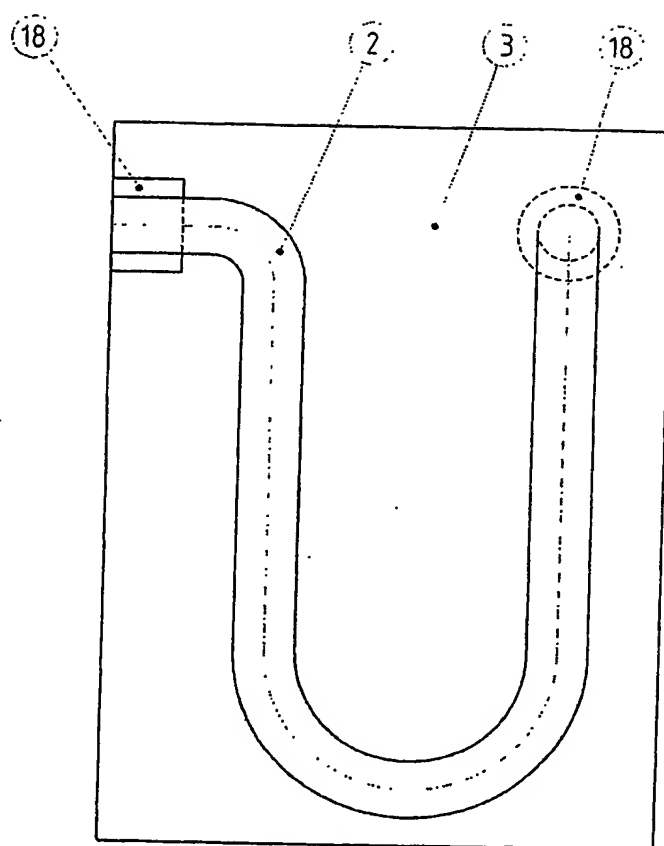


INVENTOR

BY



2A

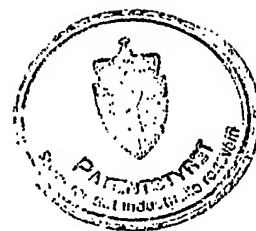
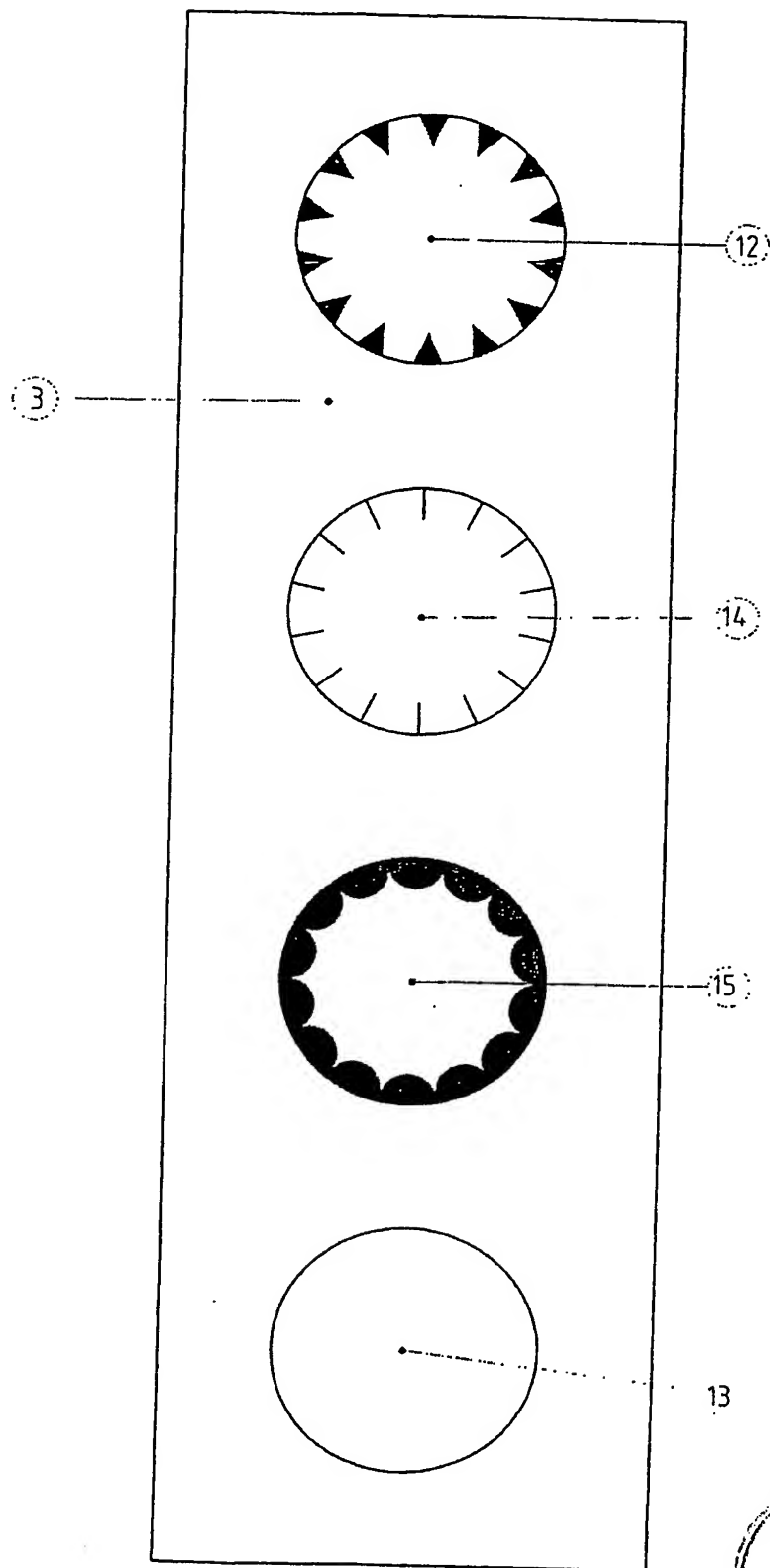


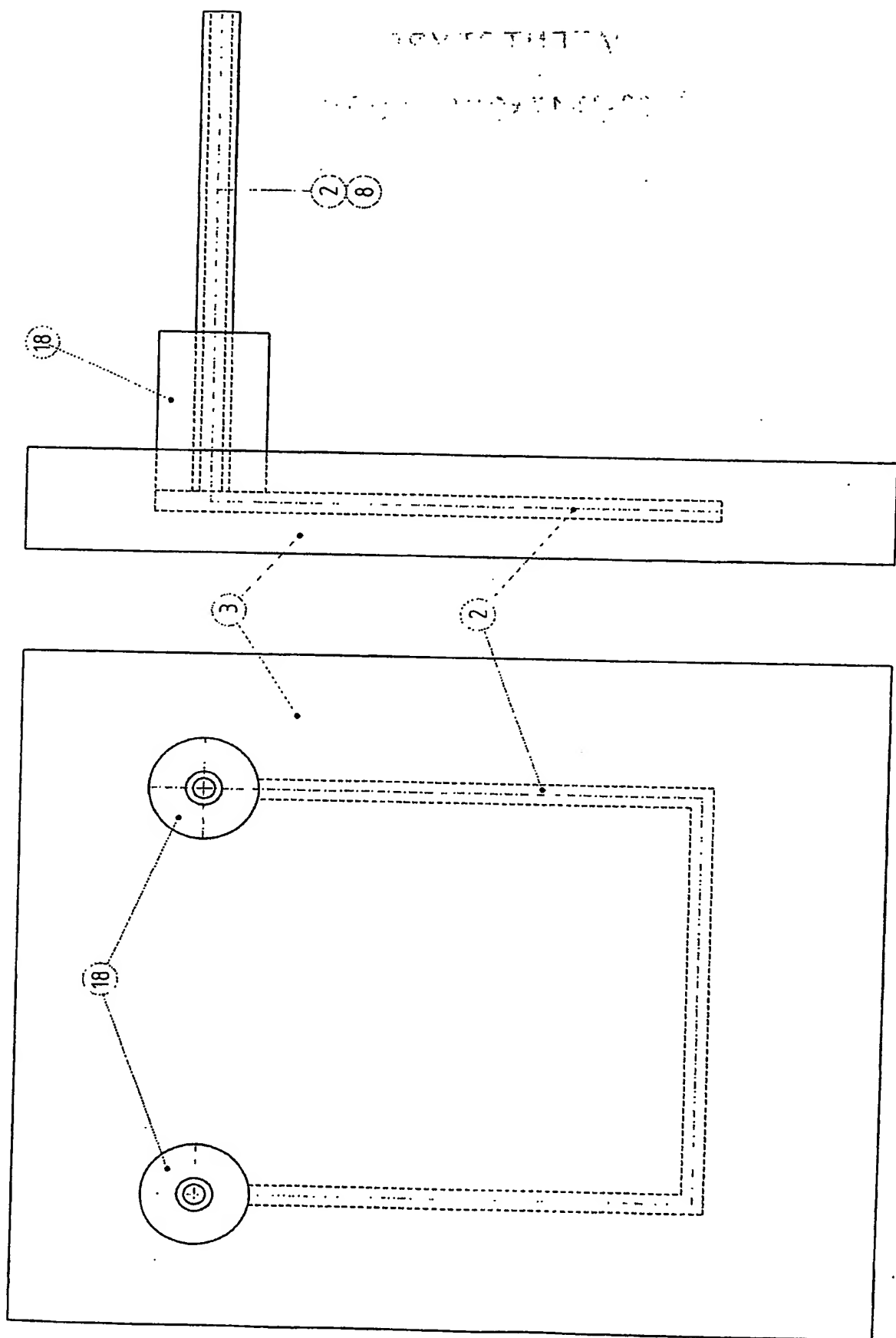
2B

Figur 2



FIG. 3



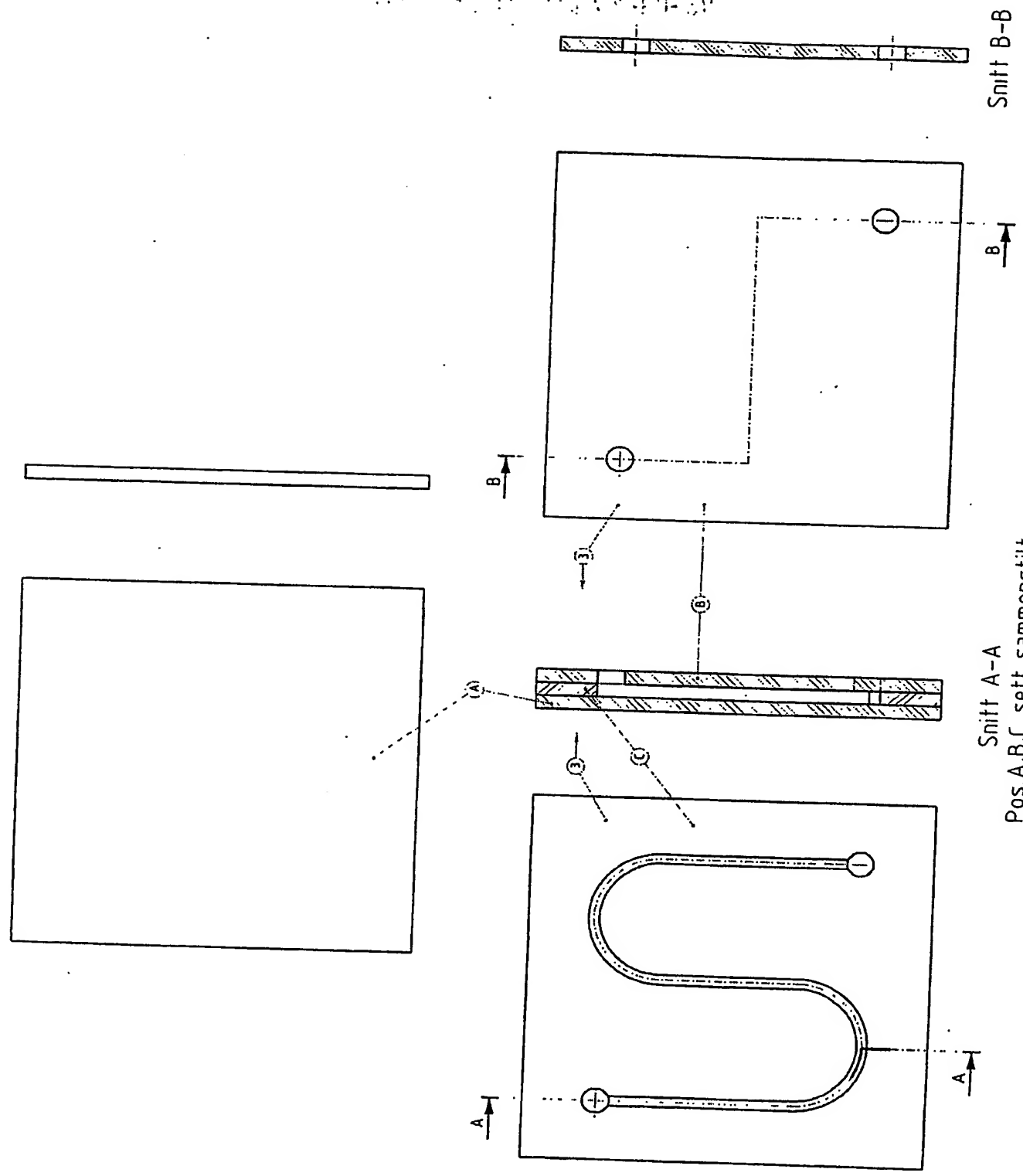


Figur 4

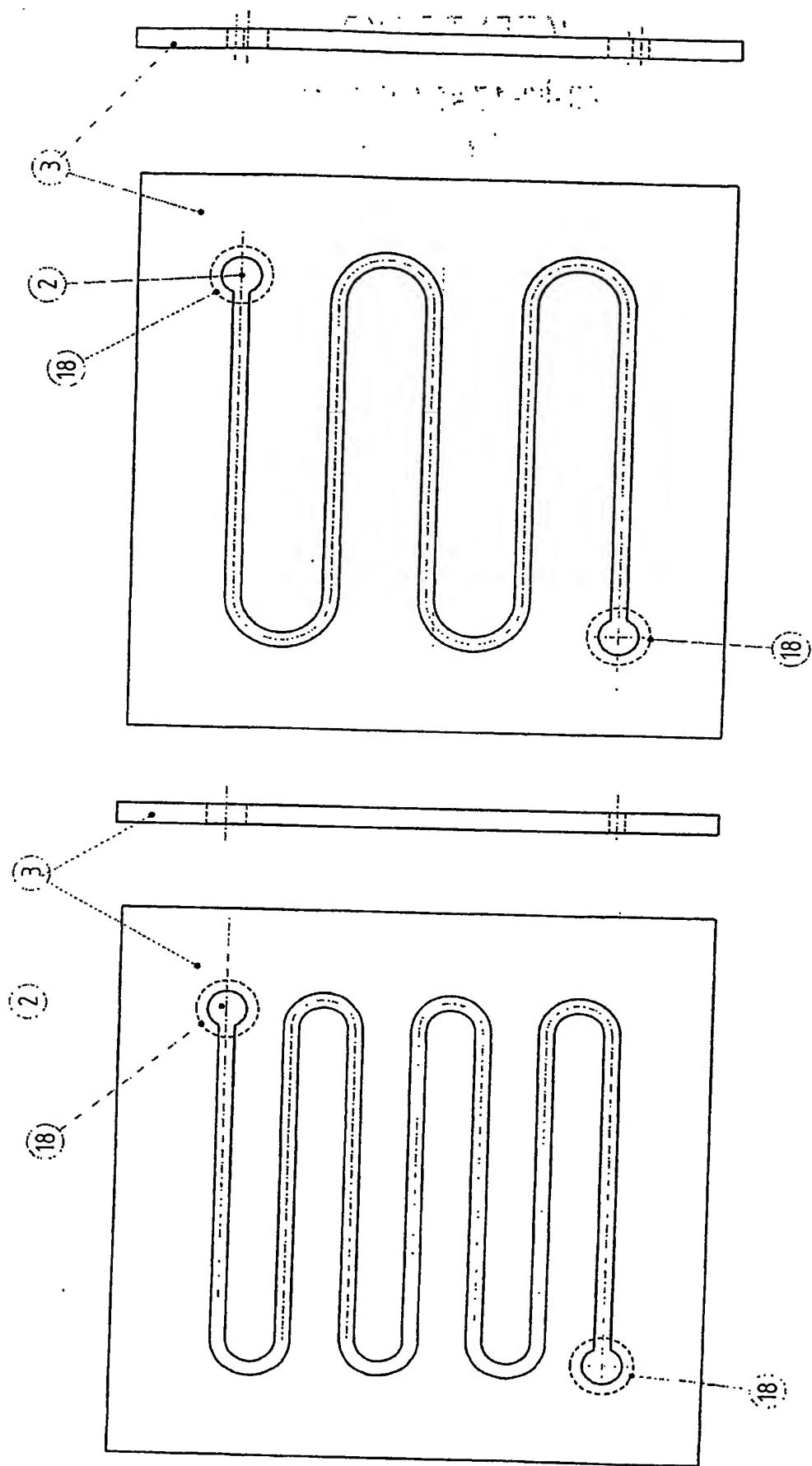




TEKNISSKE TEGNINGER
1944-45

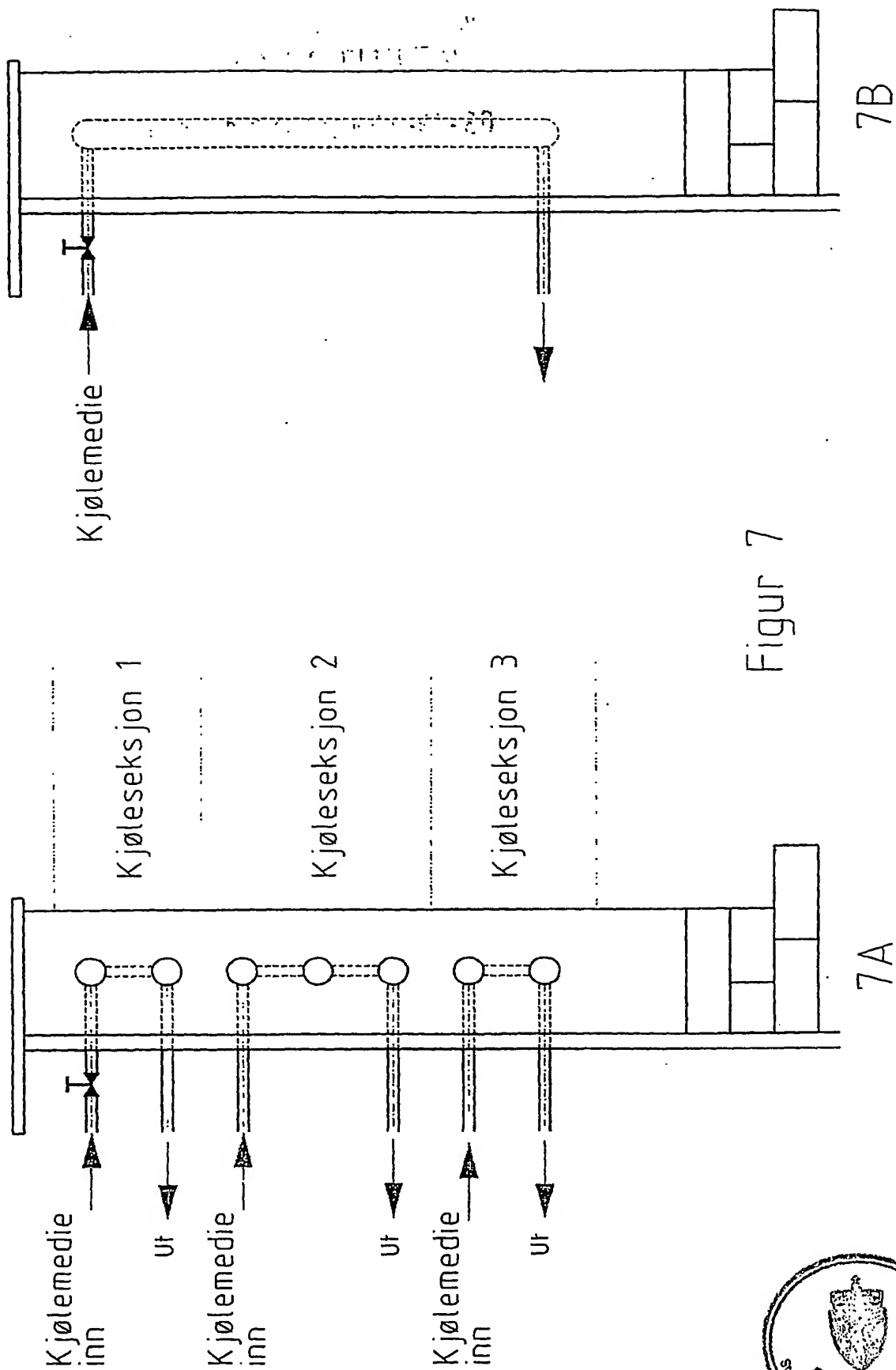


Snitt A-A
Pos. A, B, C sett sammenstilt
Figur 5



Figur 6





Figur 7

